

**Environnements instables et cognition :
Une revue de littérature**

Ivan Pastorelli
Maître de conférences
Université de Nice-Sophia-Antipolis
Gredeg UMR CNRS 6227 UNSA

3, chemin des prés chevaux
Logements du collège
83520 Roquebrune sur Argens
06 11 20 49 77
ivan.pastorelli@unice.fr

Environnements instables et cognition :

Une revue de littérature

Résumé

Les années 90 ont vu l'émergence d'un mouvement tendant à renouveler la doctrine dominante sur les conditions de la maîtrise des environnements instables. Cette doctrine reposait sur l'hypothèse qu'un encadrement étroit et exhaustif des processus à gérer par le système d'information serait un facteur de stabilisation de l'environnement et un gage de la maîtrise de celui-ci. Lorsque le degré de complexité des processus ne permettait pas une représentation exhaustive de celui-ci, l'étroitesse de la supervision était garante de la sécurité et de la performance. Dans le domaine industriel, cela se traduit par un encadrement des interactions entre les individus et les activités dynamiques dont ils ont la charge et par la mise en place de systèmes d'information dévoués à cette cause. Malgré son apparente robustesse, cette vision est désormais remise en cause par des études empiriques ayant démontré que la suppression artificielle du risque peut paradoxalement se traduire par une augmentation des défaillances. En effet, le système cognitif humain ne sait gérer les risques associés à la complexité que lorsqu'il peut les côtoyer. Un individu a besoin d'un degré minimum d'instabilité et de marges de manœuvre pour se coupler à l'environnement en raison des efforts cognitifs supplémentaires que leur absence lui imposerait.

Ces éléments sont le fondement d'une nouvelle doctrine pour la gestion des milieux instables dont l'intérêt est lié au fait qu'elle ne considère plus l'environnement comme un ensemble de variables dont la connaissance exhaustive en garantirait la maîtrise. Si la compréhension des éléments de l'environnement consiste en une collecte et un ordonnancement des données pertinentes, il faut aussi considérer que celle-ci est canalisée et régulée par un processus général de gestion des ressources cognitives. Le système d'information ne devrait donc pas forcer ses utilisateurs à établir en permanence une compréhension optimale des éléments de son environnement pour tenir compte de la façon dont les individus régulent leur propre compréhension.

Les éléments précédents impliquent une réflexion approfondie sur les modalités de cette régulation et plus largement sur le modèle d'utilisateur implicite qui préside à la mise en œuvre d'un système d'information pour la conduite des processus dynamiques. Cet article a pour objectif d'exposer les arguments en faveur de l'hypothèse d'un modèle opportuniste du fonctionnement cognitif composé de deux niveaux : un niveau externe, directement lié au processus à gérer et un niveau interne consistant à réguler et orienter son effort attentionnel. Pour cela, nous établirons dans une première partie les caractéristiques des environnements instables et dans une seconde partie les modalités selon lesquelles les acteurs peuvent réguler leur niveau de compréhension en nous appuyant sur une revue de la littérature.

Mots clés : cognition, risques systèmes d'information

Introduction.

L'objectif de cette communication est de proposer une revue de littérature sur les éléments fondamentaux qui constituent les environnements dynamiques (ou instables) ainsi que des processus cognitifs mis en œuvre dans la cadre de leur contrôle.

Nous nous intéressons donc aux organisations qui ont à gérer des processus instables, mais répétitifs, c'est-à-dire dans lesquels les notions de process, de répétition, d'expérience et d'apprentissage sont essentielles. Dans ce type d'organisations, bien que l'on ne puisse pas comprendre et maîtriser l'ensemble des interactions qui s'y produisent, l'essentiel des paramètres est répétitif et a déjà été observé et mesurés. Malgré leur degré d'automatisation, le contrôle de ses activités se fait toujours par l'intermédiaire d'individus qui doivent mettre en œuvre des capacités cognitives, dont il existe deux modèles génériques très différents (Richard, 2007). Le premier modèle est encore à bien des égards le plus répandu et trouve même une vigueur nouvelle avec des travaux récents fédérés par le terme ambigu de conscience de la situation ou "*situation awareness*" (Endsley, 1995) qui laisse entendre que le contrôle de la situation coïncide avec une attention constante sur celle-ci. Ce premier modèle que nous qualifions de hiérarchique et modulaire repose sur le postulat que la cognition humaine est composée de deux types de processus (Fodor, 1983) : les premiers sont des sous programmes spécialisés dans certaines fonctions (langage, apprentissage, recherche en mémoire, perception...) qui n'ont accès qu'à certaines informations spécifiques à l'exécution de leurs fonctions respectives : ce sont les processus modulaires. Les seconds sont des processus dits centraux, qui ont accès à toute l'information du système cognitif et servent à orienter l'information dans les processus modulaires. L'inférence est le processus central le plus important. Le second modèle générique du fonctionnement cognitif est radicalement différent et nous le qualifions de modèle opportuniste du fonctionnement cognitif. Il est vu comme un ajustement permanent entre une structure interne d'une part qui fournit des buts à atteindre et d'autre part l'environnement, le tout sous la contrainte d'un effort attentionnel.¹. Ce second modèle de l'architecture cognitive est très utile pour les raisonnements pragmatiques, c'est à dire à finalité d'action pour lesquels la compréhension résulte souvent d'un changement d'interprétation, c'est à dire d'une construction d'une représentation différente de celle détenue. Cette construction de représentation est la question centrale que la psychologie cognitive emploie à modéliser notamment dans le domaine des environnements instables qui sont le domaine d'application privilégié des raisonnements épistémiques. Nous commencerons notre exposé par une description des environnements instables puis par une revue de littérature sur leurs modalités de contrôle.

¹ On trouve aussi souvent le terme de modèle écologique du fonctionnement cognitif.

I Les caractéristiques des environnements instables.

1.1 Coopération et apprentissages : la part collective des savoirs.

Malgré leur diversité, les environnements instables ont des caractéristiques qui les rendent comparables sous l'angle des implications qu'elles exercent en termes de contraintes sur les personnes chargées de les superviser. Ces caractéristiques sont les suivantes :

- La prééminence de la variable temporelle ; les domaines dont il est question sont dynamiques ; ils évoluent continuellement, avec ou sans intervention humaine. La contrainte temporelle peut jouer à deux niveaux le premier est celui de la pression qu'elle exerce sur les délais de décisions ; la seconde est celui des délais qu'elle impose avant que les effets d'une action ne soient visibles en raison des délais de réaction du processus.
- Les opérateurs humains responsables de leur fonctionnement ne peuvent eux-mêmes pas exercer une supervision totale. Le concept "d'intrasparence" de Dörner (1997) rend bien compte de cet état de faits : ce qui devrait être visible ne l'est pas. Cet état de fait est autant dû à des objectifs et des tâches mal définies qu'à l'impossibilité d'appréhender l'ensemble des réactions et des états possibles du processus à contrôler.
- L'existence au sein même des processus à contrôler de logiques divergentes et non hiérarchisées et souvent interdépendantes. Ce fait peut être vu comme une définition de la complexité. Cette dernière ne doit pas être comprise comme une propriété intrinsèque du système mais plutôt comme subjective et liée aux compétences des personnes chargées de la supervision. Dans tous les cas, ceci implique que pour chaque situation plusieurs solutions satisfaisantes soient envisageables.

Ces caractéristiques se ressentent sur l'activité générale des opérateurs qui sont dans une logique générale d'anticipation des états du système. Cette anticipation suppose une compréhension, c'est à dire une représentation et surtout une actualisation à bon escient de la situation. En définitive, les propriétés de ces éléments condamnent la supervision à un contrôle partiel du système et font de la supervision en grande partie un "art d'utiliser les circonstances" au moins autant qu'une application neutre et distanciée de normes et protocoles techniques. Les opérateurs sont en permanence en train de faire des arbitrages entre les règles à appliquer et la façon de les interpréter selon les contingences du système.

L'utilité des éléments qui précèdent sur le plan de la gestion des organisations réside en partie sur le fait que ces systèmes se caractérisent par l'impossibilité d'exercer un contrôle total sur le système. Les domaines dont il est question sont trop complexes et évolutifs pour qu'une supervision totale puisse être envisagée (Hoc et Amalberti, 2007) non seulement en raison des limites cognitives humaines, mais aussi en raison des propriétés même de ces systèmes, qui rendent autant techniquement que socialement inenvisageable le fait de se passer d'acteurs humains pour leur conduite.

1.2 Domaine dynamique et gestion collective des savoirs.

Dans la théorie des accidents normaux de C. Perrow (1984) le terme d'accident normal s'oppose à celui d'accident qui serait du à une défaillance entraînant un mode de fonctionnement dégradé. Un accident « normal » survient en raison des boucles de rétroaction et de leur nature en partie imprévisible. Le terme « d'accident normal » renvoie à l'idée selon laquelle le degré de complexité des systèmes est tel qu'il augmente de façon considérable et presque inéluctable les probabilités de défaillance. Cela peut en partie s'expliquer par le fait que les systèmes sont constitués d'une multitude d'ensembles dont le taux individuel de défaillance est très faible (de l'ordre de 10^{-9}) mais les interactions qui résultent de leur mise en correspondance augmentent la probabilité globale de défaillances. Le taux de défaillance du système dans son ensemble passe d'une chance sur un milliard (10^{-9}) à une chance sur un million (10^{-6}) au niveau du système dans son ensemble. Les « accidents normaux » seraient mécaniquement voués à augmenter à mesure que les systèmes se complexifient, mais aussi en raison de leur omniprésence qui augmente nécessairement le temps d'exposition au risque. C. Perrow donne un exemple simple sur ce sujet : il est admis que les avions de transport sont plus "sûrs" que les automobiles. En effet, si l'on prend des critères tels que le nombre de passagers transportés ou bien les distance parcourues, le taux d'accident est nettement en faveur de l'avion. Pourtant, il est une statistique dérangeante : un pilote professionnel aurait autant de chance de se tuer en automobile que dans son avion au cours de sa carrière. L'explication que donne Perrow est celle-ci : un pilote passe autant de temps dans sa voiture que dans son avion sur une carrière (environ 20.000 heures) et lorsque l'on prend comme critère le temps d'exposition au risque, il apparaît que l'avion est un moyen de transport aussi risqué que la voiture ! Cette façon de voir le risque et l'instabilité comme une conséquence directe du manque de connaissance semble atteindre ses limites ; en effet, « *le problème de la connaissance réside autant, sinon d'avantage, dans sa mobilisation pertinente que dans son exhaustivité* » (Ruffier, 2001, p7). Les environnements complexes exigent des actions nécessairement fondées sur une connaissance partielle mais aussi partielle des éléments en prendre en considération ; partielle, parce que les actions à entreprendre sont incompatibles avec une collecte exhaustive des informations pertinentes. Partiale, non seulement en raison des incertitudes qui reposent sur les éléments à prendre en considération, mais aussi et surtout en raison de la nature même des modalités de décision des individus, comme nous l'établirons plus loin dans ce texte grâce au concept d'image opérative (Ochanine, 1982). Avancer l'existence de savoirs collectifs dépassant les individus pose un double problème : le premier est celui de la détermination du périmètre de ces savoirs aux propriétés si particulières : comment se construisent-ils, se maintiennent-ils, dans quels cas sont-ils indispensables ? Le second est celui des ressorts de motivations amenant chaque individu à insérer ses propres savoirs et ajuster ses actions dans des dispositifs dont ils ne peuvent avoir qu'une connaissance imparfaite

Donner une définition précise aux savoirs collectifs est une entreprise délicate. Les savoirs collectifs, même lorsqu'ils s'appliquent à des domaines techniques sont le fruit de négociations et d'arrangements entre humains qui peuvent se cristalliser dans des routines (Nelson et Winter, 1982) mais qui sont en évolution permanente pour modifier les réponses à une situation ce qui implique souvent la redéfinition même des problèmes identifiés. Ils ne sont pas réductibles aux savoirs individuels et ils ne prennent leur sens que dans leur mise en commun soutenue par une qualification collective. Nous nous contenterons ici de réfléchir sur les effets que produisent ces savoirs collectifs sur un système organisationnel devant gérer des relations dynamiques. En définitive, plus le domaine sur lequel l'organisation travaille est

complexe, nécessite des spécialités dont les logiques et les savoirs sont éloignés, plus les solutions apportées aux situations doivent passer par des dispositifs collectifs pour être valables. Les réponses apportées seront intimement liées au collectif qui les a produites et seront d'autant moins transposable à d'autres collectifs et applicables à d'autres situations. En d'autres termes, il se construit un couple savoir collectif /situation qui sera d'autant moins exportable qu'il est intimement liée au collectif qui l'a produit. J. Ruffier (1998) a établi une typologie des connaissances nécessaires au fonctionnement des systèmes productifs complexes.

Nature	matérielle	Intangible
Formalisé	Équipements, matériels (hardware) Support magnétiques ou papier	Connaissances livresques Gammes, programmes, procédures, statuts, règles, échanges codifiées d'information
Non formalisé	Morphologie humaine Bricolage et réparation non répertoriées des équipements	Connaissances empiriques échanges non codifiés d'informations.

Tableau 1 : types de connaissances dans un système productif complexe, inspiré de Ruffier (1998).

Les connaissances intangibles et formalisées sont par nature des connaissances qui ne peuvent être que sociales, c'est à dire consubstantielles à un collectif d'individus et ne sont mobilisables qu'à travers lui. Elles n'existent qu'à l'état de collectif et pour un collectif particulier. Et en définitive, une bonne part de ces savoirs collectifs se manifeste par des solutions qui consistent à articuler des savoirs, c'est à dire des représentations, de formes et de natures diverses à partir de données incomplètes, déformées et dont la fiabilité n'est pas avérée. C'est une mise en cohérence de ce qui ne l'est pas.

Après un bref aperçu des propriétés des savoirs collectifs, il faut nous interroger sur les raisons qui peuvent pousser chaque individu à collaborer à ces savoirs collectifs. Une première réponse pourrait résider dans les relations de pouvoirs entre individus. Ce seraient elles qui les pousseraient à collaborer par la contrainte qu'ils exercent de façon plus ou moins formelle. Notre opinion diffère de cette approche en raison de ce que nous considérons être la nature même de la collaboration. La construction de savoirs collectifs ne peut pas se réduire en l'adoption de comportements prévisibles par le collectif pour une action rencontrée. Si c'était le cas, les savoirs collectifs se figeraient ou du moins, ils seraient tournés vers des solutions acceptables pour le collectif mais de plus en plus déconnectées des contingences du monde physique sur lequel il agit car il serait le résultat d'un rapport de force. Dans cette perspective, les actions des individus seraient guidées par le souci permanent de se conformer aux réponses les plus probablement produites par le collectif dans le cadre de situations rencontrées. Mais les situations industrielles modernes sont justement caractérisées par la complexité c'est à dire par la coexistence au sein d'une situation, de logiques divergentes et non hiérarchisées. Les relations de pouvoirs ne suffisent pas à encoder les savoirs collectifs et ne peuvent pour autant prétendre les résumer. En effet, la complexité des situations sous-entend nécessairement une confrontation de valeurs pour établir des hiérarchies entre ses

logiques divergentes. C'est la confrontation de ses valeurs et des finalités qu'elles sous-tendent qui permet à des spécialistes de domaines très différents d'inventer et de mettre en œuvre des solutions de coordination sans qu'aucun des individus qui participent à ce processus ne puisse en avoir une vision complète. La gestion de la complexité ne consiste pas en un raisonnement d'ingénierie pure et du suivi d'une démarche optimisatrice, mais d'arbitrages entre des déséquilibres acceptables au profit de déséquilibres qui ne le sont pas. C'est donc bien en dernier ressort de débats de valeurs dont il s'agit.

Le savoir collectif ainsi créé est partiellement créé par tous, mais inaccessible dans sa totalité à chacun des individus. Weick notamment développe l'idée que les savoirs ainsi créés n'impliquent pas que chaque individu détienne « en interne » une part de ce savoir. Cette construction de sens qui se fait par **confrontation de valeurs** ne peut se faire que par des dispositifs de mise en équivalence dans la mesure où les valeurs s'excluent mutuellement et sont irréductibles entre elles. La mise en équivalence se fait par des confrontations de points de vue, (Boltanski et Thevenot, 1991) avec comme référence ultime à ces argumentations une représentation générale du monde qui les entoure. Cette représentation générale du monde est une construction sociale au sens de Moscovici (1973, 13) : les constructions sociales sont *"composées de systèmes de valeurs, d'idées et de pratiques dont la fonction est double : établir un ordre qui permettra aux individus de s'orienter et de maîtriser leur environnement matériel, pour faciliter ensuite la communication entre les membres d'une communauté en leur procurant un code pour désigner et classifier les différents aspects de leur monde et de leur histoire individuelle et de groupe"*... Elles sont une *"forme de connaissance, socialement élaborée et partagée ayant une visée pratique et concourant à la construction d'une réalité commune à un ensemble social"* (JODELET 1989.36). Ainsi, malgré l'inévitable existence de relations de pouvoirs au sein des relations entre les individus (Crozier et Friedberg, 1977) celles-ci ne sont pas les seules raisons qui poussent les individus à guider leurs actions en fonction des savoirs collectifs établis.

Nous avons donc vu que les caractéristiques fondamentales des collectifs humains dans le domaine des environnements instables s'établissent à deux niveaux : le premier concerne la définition et la gestion de la part collective des savoirs circulant au sein de l'organisation. Il reste à voir le second aspect, qui concerne le modèle d'utilisateur implicite entendu comme les hypothèses fondamentales concernant le comportement des utilisateurs du SI dans leurs activités de décision. Nous nous proposons donc d'approfondir successivement ces deux aspects.

Ces éléments ont conduit les recherches récentes à des tentatives d'explication de ces phénomènes ; la plupart d'entre elles se rallient à l'idée générale selon laquelle il faut considérer que dans les faits le gestionnaire d'un système dynamique supervise non pas un, mais deux systèmes en parallèle : le système physique, externe, qui exige une compréhension des interactions du domaine et un système cognitif interne, subjectif, qui font suivre à celui-ci des solutions localement sous optimales, dégradées et cependant cohérentes à l'échelle des exigences du système physique dans son ensemble. En conséquence, la perspective pour le SID est radicalement changée : il ne s'agit plus de délivrer une aide optimale, mais une aide cohérente avec le modèle cognitif des individus chargés de gérer des systèmes turbulents. Malgré son apparente robustesse, cette vision a largement été remise en cause par des études empiriques qui ont démontré que la suppression artificielle du risque se traduit paradoxalement par une augmentation des risques de défaillance (Valot et Amalberti, 1989 ; Rasmussen, 1997). Dans cette optique, l'instabilité du domaine ne peut pas être gérée par un encadrement des relations entre l'individu et le domaine dont le SI serait le garant, mais par une reconnaissance d'un fait essentiel : le système cognitif humain ne sait gérer la complexité des interactions d'un domaine et des risques qui leur sont associés que lorsqu'il peut les côtoyer. Les différentes "couches" de sécurité entre l'individu et le domaine jouent un rôle

inverse à ce qu'on aurait pu en attendre. L'idée séduisante selon laquelle l'objectivité de l'analyse qui résulterait de la distance établie entre le domaine et l'individu serait un gage de performance et de sécurité est erronée. Un individu a au contraire besoin d'un certain degré d'instabilité, de turbulences, de marges de manœuvre pour se coupler à l'environnement, car leur absence impose paradoxalement des efforts cognitifs plus importants pour réaliser efficacement ce couplage. L'originalité et l'intérêt de cette perspective sont en grande partie liés au fait qu'elle ne considère plus l'environnement comme un ensemble de variables dont la connaissance exhaustive serait le garant de sa compréhension donc de sa maîtrise. Elle considère au contraire que la gestion de cet environnement consiste d'abord en une régulation de ses propres ressources cognitives pour se construire une situation compatible avec les actions à mener sur cet environnement. La compréhension de son environnement consiste autant en une collecte et un ordonnancement des données qu'en une gestion efficace de son "niveau de compréhension". Les éléments qui précèdent impliquent donc une réflexion approfondie sur les modalités dont s'effectue la régulation de ce niveau de compréhension.

Nous avons évoqué le fait que deux grandes visions du contrôle cognitif cohabitent (Richard, 2007) : la première qui est longtemps restée le modèle implicite de la cognition est celle d'un enchaînement séquentiel des tâches de contrôle sous la contrainte d'un contrôle aussi complet que possible de la situation de travail. La seconde est celle d'une cognition qui n'a pas les moyens de planifier, réaliser et suivre tout ces enchaînements ce qui l'oblige à une construction et d'une évaluation permanente des représentations impliquant des distorsions importantes quant au monde réel, mais paradoxalement très utiles à l'atteinte des objectifs. Cette dernière vision du contrôle repose sur trois idées centrales (Amalberti, 2001 ; Hoc et Amalberti, 2007) : celle de suffisance, celle d'adaptation dynamique et celle de métacognition. La notion de suffisance ne s'entend pas uniquement par rapport à la minimisation de l'effort cognitif fourni pour un objectif donné et le but souhaité, mais à un ajustement permanent entre la situation telle qu'elle est perçue, les connaissances détenues, pour un coût cognitif permettant une satisfaction subjective. La notion d'adaptation dynamique permet d'ajuster à la fois les buts et le niveau d'abstraction, c'est à dire d'effort pour comprendre la situation. Enfin, la métacognition qui est un savoir sur ses propres savoirs. Farrington-Darby et Wilson (2006) avancent que la métacognition permet l'ajustement des capacités cognitives avec les contraintes du domaine de travail et contribue à ce titre de façon essentielle à l'expertise. Celle-ci se définit ainsi moins comme une connaissance exhaustive d'un domaine de travail que comme l'ajustement des capacités cognitives individuelles à un domaine de travail. Après avoir établi les principales caractéristiques des environnements dynamiques, nous pouvons passer en revue les principaux éléments de la littérature sur leurs modalités de contrôle.

II Quel modèle d'architecture cognitive pour les environnements dynamiques ?

Comme nous l'avons évoqué, les domaines de travail dont il est question sont dynamiques (leur évolution peut se faire en dehors de manipulation des opérateurs) et complexes (des logiques différentes et non hiérarchisables peuvent coexister ce qui se retrouve notamment au niveau des objectifs fonctionnels. Elles exigent de la part des individus des activités mentales finalisées, qui peuvent se définir par trois caractéristiques fondamentales (RICHARD, 2007) : elles sont premièrement liées "*à la réalisation de tâches complexes en ce sens qu'elles ne sont pas immédiatement exécutables mais exigent de reformuler le but, de le décomposer et aussi*

en général d'interpréter la situation" (Richard, 2007 p. 7). Ces activités mentales sont ensuite **contextualisées** : la diversité des situations induit une variabilité dans le fonctionnement cognitif qui est essentielle pour l'acquisition et le maintien de l'expertise. Enfin, les activités mentales finalisées sont **fédératrices de fonctions complémentaires** comme le langage, le raisonnement, les fonctions sensori-motrices, l'attention, les croyances, les connaissances détenues, et la mémoire notamment. Pour cerner, à défaut de réellement comprendre le fonctionnement cognitif et en tirer des leçons pour la construction des interfaces, de nombreux modèles de l'architecture cognitive ont été établis (Baddeley, 1992). Mais l'utilité de ces modèles réside selon nous bien plus dans la métaphore pédagogique dont elles sont porteuses que dans leur ambition de description de l'architecture du traitement cognitif. Parmi ces modèles, nous retiendrons successivement ceux de Richard (2007) et Rasmussen (1986).

Le schéma suivant propose un schéma général de l'activité mentale au sein duquel on peut remarquer la distinction entre les raisonnements à visée pragmatiques (ou d'action) et les raisonnements épistémiques. Pour les premiers, les schèmes seront différents en raisons des contraintes que fait peser l'action. Selon nous, c'est dans le cadre des raisonnements pragmatiques que le modèle de Rasmussen doit valablement s'insérer.

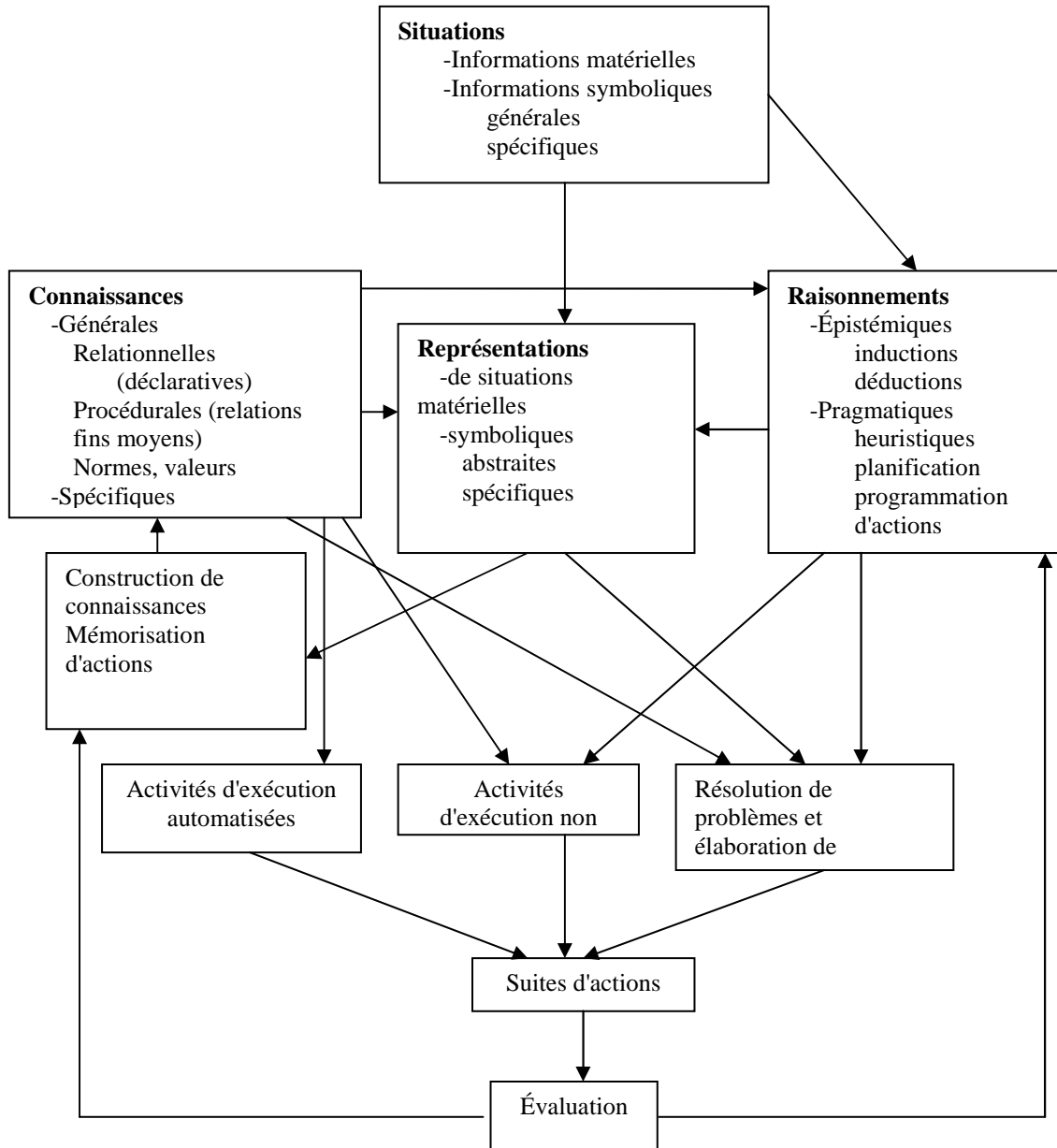


Figure 1 : "schéma d'une architecture cognitive pour les activités mentales" adapté de Richard (2007 p18).

2.1 Le modèle SRK et la notion de Hiérarchie d'Abstraction.

Le modèle Skill Rule Knowledge (SRK) et la notion de Hiérarchie d'Abstraction (HA) ont été développés par Rasmussen (1986) et furent largement repris dans le domaine de l'ingénierie cognitive. L'hypothèse de base des travaux de Jens Rasmussen est que tout le comportement cognitif humain est tourné vers l'économie des ressources cognitives. Cette solution générale adoptée par les individus pour la maîtrise des solutions dynamiques (Amalberti, 1996) leur permet en effet de ne pas allouer à la gestion de certaines tâches en cours trop d'attention afin de ne pas favoriser des optimums locaux au détriment de la gestion globale du processus et des résultats généraux à atteindre en termes de temps, de performance et de fatigue. Cette

vision de la construction de l'expertise repose sur des études de terrain qui ont mis en évidence le fait que toute activité d'expertise repose fondamentalement sur l'anticipation et l'évitement des situations pour lesquelles les individus n'auraient d'autre choix que de mettre en œuvre de bons savoir-faire. En d'autres termes, l'expertise consiste moins en la connaissance exhaustive d'un domaine de travail qu'en la connaissance pertinente de ses domaines de compétences et de ses limites. Le modèle SRK de Rasmussen fait l'hypothèse que le traitement de l'information dans les tâches de conduite de processus et de diagnostic se fait selon trois modalités qui nécessitent des niveaux d'effort cognitifs croissants.

Le premier niveau (Skill) fait travailler le système cognitif au niveau des habiletés, dont l'activation nécessite peu d'efforts puisque ces habiletés sont détenues, intériorisées et lui sont très familières grâce aux pratiques d'automatisation qu'il a acquies tout au long de ses pratiques précédentes. Le niveau perceptif est celui de signaux, c'est à dire d'éléments d'informations simples et souvent fugaces. Ce premier niveau est le plus économique et il est mobilisé pour les situations routinières.

Le second niveau (Rules) mobilise le système au niveau des règles, c'est à dire des éléments déterminés par l'état de l'art (procédures à suivre...) du domaine de travail. Le niveau perceptif fait appel à des signes, qui peuvent être constitués par des éléments faiblement perceptibles, et/ou non verbalisables, ou bien encore par un ensemble de signaux. Dans ce dernier cas, la différence avec les signaux est qu'ils sont interprétés. Tout comme les habiletés, le niveau des règles ne nécessite pas un effort cognitif important, mais il nécessite une connaissance et une indexation des règles (c'est à dire des stratégies pour choisir celles qui sont applicables à la situation, les interpréter et faire des contrôles de cohérence entre elles). En cela, il peut s'appliquer aux situations familières, mais avec un degré de vigilance et d'effort malgré tout plus élevé que pour le niveau des règles.

Le troisième niveau (Knowledge) consiste à mobiliser les connaissances afin de traiter les situations pour lesquelles les deux niveaux précédents ne sont pas suffisants ; les individus évitent autant que possible de travailler à ce niveau car il nécessite des efforts d'abstraction qui mobilisent beaucoup de ressources cognitives qui pourraient leur faire défaut par la suite. La collecte d'information se fait par des symboles qui sont des éléments très agrégés d'informations de nature très diverse et hautement interprétable. Ce niveau n'est mobilisé que pour des situations pour lesquelles les deux niveaux précédents n'ont pas été efficaces. Les contraintes du domaine de travail ont vocation à être représentées à l'intérieur de ce troisième niveau (Knowledge) par 5 niveaux de compréhension hiérarchisés. Cette hiérarchie d'abstraction (HA) se fonde sur un critère d'accessibilité des représentations entre les objectifs de conduite du processus et les moyens pour les atteindre. En d'autres termes, la hiérarchie d'abstraction est un modèle de la compréhension du domaine de travail fondé sur la plus ou moins grande facilité pour un individu d'établir un lien entre fins et moyens sous contrainte d'un effort cognitif minimum, ou tout au moins maîtrisé. C'est un outil d'analyse du domaine de travail qui se focalise sur les besoins en information des individus dont l'ambition pratique sera de concevoir une interface capable de présenter aux acteurs les informations utiles du domaine de travail. La HA présente donc les 5 niveaux suivants :

1	Objectifs fonctionnels
2	Fonctions abstraites
3	Fonctions génériques
4	Fonctions physiques
5	Formes physiques

Figure 2 : hiérarchie d'abstraction (Rasmussen 1991).

La résolution de problème, pour Rasmussen, dans une phase de contrôle par la compréhension est sensée rechercher en permanence un niveau de compréhension pour lequel la relation entre fin et moyens est la moins coûteuse. On peut distinguer quatre courants majeurs dans la littérature portant sur la résolution de problème : le courant behavioriste, les théories de la forme, les analyses piagétienne et le courant du traitement de l'information, pour lequel la notion de représentation du problème est centrale. Cette notion est relativement ancienne : dès 1938 Gibson et Crook proposaient dans l' *American journal of Psychology* le concept d'*affordance* c'est à dire de perception immédiate de possibilités d'action par les acteurs. Plus tard, Newell et Simon (1972) ont jeté les bases d'une théorie plus robuste avec la notion d'espace problème qui ne sera plus limitée aux aspects les plus tangibles de l'environnement mais fera aussi intervenir les contraintes imaginées. Plus récemment, le concept de Situation Awareness (SA) ou de Conscience de la Situation (CS) est apparu.

2. 2 Le concept de "situation awareness".

Les travaux sur la CS trouvent leur origine dans le domaine des processus dynamiques (pilotage d'aéronefs, industrie chimique et nucléaire...), caractérisés par la nécessité de réactualisation permanente des éléments à prendre en compte. Ces travaux ont mis en évidence le fait que dans les situations dynamiques et complexes, l'enjeu de la compréhension est d'assurer en permanence la cohérence entre les éléments sur lesquels porte l'attention et le registre de réponses détenues.

L'aspect novateur des travaux fédérés par le concept de CS réside d'une part, dans le fait qu'ils n'isolent plus les processus décisionnels des situations où ils se créent, et d'autre part, dans le fait qu'ils portent leur analyse moins sur l'acte de la décision elle-même que sur les éléments qui la déterminent en amont. En d'autres termes, ces travaux tentent de comprendre comment les individus établissent le cadre des actions possibles en étroite relation avec les situations qu'ils doivent gérer (Hoc, 1991). En effet, les décisions s'établissent différemment selon qu'elles soient prises dans le cadre d'études de laboratoires ou en prise avec une situation réelle (Amalberti, 1996). Ainsi par exemple, dans le cas réel du suivi médical d'un patient, le diagnostic s'établit différemment selon qu'il s'agisse d'un cas réel ou d'une étude de cas théorique. Dans le premier cas, le diagnostic s'établit avec en permanence l'anticipation des applications thérapeutiques qui en découleront, alors que dans le second cas, le diagnostic se poursuit jusqu'à ce qu'une classification académique puisse être établie (Ochanine, 1971). Les travaux se réclamant du concept de conscience de la situation (CS) se caractérisent par un foisonnement de concepts sémantiquement voisins mais dont les portées et les domaines d'applications peuvent être très éloignés. Ainsi par exemple, les termes d'image mentale, de représentation, ou de schémas, renvoient tous à des productions cérébrales modélisant le monde qui entoure le sujet. Mais selon que les auteurs considèrent ces productions comme

étant verbales ou symboliques, elles joueront des rôles très différents dans leurs modèles respectifs. De même, les notions de mémoire à court terme, de mémoire de travail et de mémoire opérationnelle, expriment toutes l'idée d'un stockage temporaire d'informations pour traiter les tâches en cours. Toutefois, elles ont des portées très différentes selon les auteurs : pour Bisseret (1970) et Sperandio (1984), ces trois termes renvoient à des fonctions autonomes de traitement, dictées par les tâches en cours ; leur aspect temporel est secondaire. Pour Richard (1990), au contraire, ces termes sont équivalents et ne renvoient pas à des mécanismes spécifiques et autonomes mais plutôt à un continuum de durée de stockage.

Dans tous les cas, les différentes assertions du concept de conscience de la situation se réfèrent à l'idée d'une production cognitive orientée vers l'accomplissement d'une activité en cours, plus que par le décodage objectif des informations disponibles. Cette production a donc par essence une durée de vie limitée quant au traitement des tâches à accomplir. Avoir conscience de la situation c'est donner aux faits observés une interprétation cohérente et anticiper les futurs états de ces éléments. Le concept de CS peut être vu comme une extension de la théorie de l'activité (Ochanine, 1971) qui se fonde sur le postulat suivant : le traitement des informations est médiatisé par des systèmes de représentation directement orientés par les nécessités des tâches à accomplir. Pour les tenants de la théorie de l'activité, un décideur ayant la charge d'un processus complexe et dynamique doit traiter rapidement de multiples informations à des niveaux différents et se trouve en permanence face au risque que ses capacités attentionnelles soient dépassées. La gestion de ce risque se fait par un mécanisme de focalisation de son attention sur les éléments directement en lien avec ses objectifs. Dans cette perspective, l'attention est une ressource rare en raison des limitations propres à chaque individu ; il subsiste l'idée classique d'un canal attentionnel unique et étroit, mais ce canal s'aménage par les pratiques acquises au fil du temps. L'environnement compris comme l'ensemble des éléments perçus par le sujet, détermine le cadre des actions possibles, mais n'a pas vocation à être analysé et décodé de la façon la plus objective possible.

Les théories de l'activité se sont focalisées sur la manière dont s'établissent les représentations mentales en prenant en considérations deux éléments principaux : les caractéristiques des individus et celles de l'environnement. Le premier élément a donné naissance à une abondante littérature sur les styles cognitifs et les expériences des individus notamment et le second élément est à l'origine des modèles fonctionnels d'orientation de l'activité dont la CS fait partie. En définitive, quels que soit les éléments considérés, l'idée générale défendue par la théorie de l'activité est que l'action et la connaissance sont récursivement liées dans leurs relations respectives, comme l'ont montré les expériences fondatrices d'Ochanine ayant abouti aux concepts d'images cognitives et d'images opératives : trois groupes de professionnels de la médecine répartis en fonction de leurs expériences sont invités à reproduire, après palpations, l'état des glandes thyroïdiennes de patients avec de l'argile. Étonnamment, les résultats établissent que les sujets les plus expérimentés ignorent sciemment certains éléments alors qu'ils en reproduisent exagérément d'autres, contrairement aux débutants qui essaient d'élaborer une représentation aussi complète et précise que possible des caractéristiques anatomiques. Ceci s'explique par le fait que les sujets expérimentés sont tournés vers la réalisation de représentations significatives qui leur permettront d'établir les diagnostics et d'appliquer des thérapies qu'ils maîtrisent. Les débutants n'ayant pas la pratique suffisante pour établir un plan thérapeutique, essaient de créer une représentation la plus objective possible, car ils ne peuvent les relier à leur savoirs faire. Ainsi, les représentations des sujets expérimentés présentent un écart plus important aux réalités anatomiques que les débutants, mais sont beaucoup plus évocatrices pour l'établissement d'un diagnostic et peuvent à ce titre qualifier d'experts. Le critère d'efficacité des représentations des experts ne repose donc pas sur l'exactitude, mais sur leur applicabilité pour des conditions déterminées et un objectif précis : l'établissement d'un diagnostic impliquant des thérapies qu'ils pourront

maîtriser. Pour Ochanine (1971), ces déformations fonctionnelles sont dues au fait que les compétences des experts structurent et orientent leur travail en fonction des objectifs directs de leurs tâches. L'auteur fait ainsi la distinction entre les images cognitives et les images opératives dans les stratégies de compréhension et de construction de sens. Les premières sont une représentation distanciée, neutre et précise d'une situation, alors que les secondes sont établies avec le souci permanent de pouvoir être finalisées. Elles sont plus étroites et partiales que les images cognitives mais sont aussi plus performantes car seules les informations directement nécessaires au traitement des tâches seront prélevées. Les débutants, et plus largement les individus qui n'ont pas la responsabilité de la mise en œuvre d'objectifs, cherchent à établir des représentations fondées sur des images cognitives (neutres et précises) car ils ignorent l'étendue de leurs propres compétences. Les sujets expérimentés, dont l'activité est orientée par leurs objectifs, se fondent donc sur des images opératives (partiales et déformées), mais directement tournées vers l'action. Cette distinction entre images cognitives et images opératives est fondamentale car elle établit un fait essentiel : les sujets qui ont la charge d'un objectif, orientent le prélèvement d'informations en vue de se forger une représentation visant à s'assurer que ces objectifs soient atteints. Leur activité est encadrée non seulement par le prélèvement des éléments qu'ils savent nécessaires à l'accomplissement de leurs objectifs, mais aussi des savoirs liés à l'étendue de leurs propres compétences. En d'autres termes, l'expérience d'un sujet est due moins à la quantité des connaissances que de la perception de l'étendue et des limites de ses propres compétences. La représentation d'une situation est donc une démarche de construction des représentations à partir des objectifs à atteindre. En effet, dans le cadre de la gestion d'une activité complexe, il ne suffit pas de suivre une procédure établie pour atteindre les objectifs. Ces objectifs consistent le plus souvent à maintenir un système ou un processus dans un état acceptable en faisant des compromis entre des critères flous, divergents et non hiérarchisables. De nombreuses approches du concept de conscience de la situation coexistent, et nous pouvons nous référer aux trois approches les plus souvent citées : celles de Neisser (1967 ; 1976), de Crane (1992) et d'Endsley (1995). Dans la version de la CS initiée par Neisser (1967), celle-ci s'élabore dans un cycle récursif de perception et d'action (Adams et al., 1995). Dans ce cadre, la CS est à la fois le résultat du processus et le processus lui-même. Elle est une recherche active dans l'environnement, des éléments pertinents et de leur pondération (Frederico, 1995) à partir de connaissances implicites. Les connaissances implicites sont préférées aux connaissances explicites, car elles permettent aux individus de travailler avec un niveau d'effort cognitif moins élevé. La perspective de la CS élaborée par Crane (1992) est différente : elle se confond avec l'expertise, dans la mesure où elle guide les représentations de la situation. Cette conception de la CS implique aussi pour les sujets une recherche consciente et active des informations en vue de les catégoriser et de les hiérarchiser, mais elle ne précède pas nécessairement la prise de décision. Ce sont les schémas que le sujet s'est forgés par son expérience, qui élaborent une sorte de réservoir de décisions types qui seront utilisées par le sujet. Cette approche est donc en cela proche des conceptions de Klein (1998).

Ces deux premières approches de la CS se distinguent de celle d'Endsley sur un point essentiel : elles proposent une analyse du mécanisme avec lequel la CS se construit, alors que pour Endsley, la CS renvoie au produit cognitif, élaboré par ces mécanismes. Pour Endsley, la CS est donc le résultat d'une activité cognitive, alors que pour les deux approches précédentes, elle est le processus reflétant cette activité. Les analyses de Neisser et Crane conçoivent la CS dans des cadres respectivement intégrés à l'action et à la décision, alors que pour Endsley, la CS est le résultat des mécanismes cognitifs.

Nous avons établi que le concept de Conscience de la situation prenait sa source dans la théorie de l'activité et que ce concept était lui-même le support d'au moins trois modèles : Neisser, Crane et Endsley. Nous présenterons maintenant plus spécifiquement les travaux de Endsley (1994 ; 1995 ; 2000 ; Endsley et al., 2003) au travers de son modèle de "*situation awareness*" (SA). Cette étude plus approfondie du modèle de Endsley se justifie en ce qu'il articule de manière originale des concepts fondateurs de la psychologie cognitive (mémoire, expertise, ressources attentionnelles) et étudie la façon dont ils se combinent, pour élaborer un produit cognitif permettant de décider et d'agir. Le postulat de base de ce modèle est que la SA conditionne la qualité des décisions et ainsi la performance des résultats obtenus. Endsley définit la compréhension d'une situation comme "la perception des éléments de l'environnement dans un volume de temps et d'espace (niveau 1) la compréhension de leurs significations (niveau 2) et une anticipation de leur évolution future (niveau 3) " (voir figure 1) (Endsley, 1994 ; 2000 ; Endsley et al, 2003). En d'autres termes, la SA est le résultat d'un processus de construction mentale des éléments du contexte dans lequel le sujet évolue et pour lequel il prend des décisions. Selon Endsley, cette construction est fondamentale pour les décisions parce qu'elle est temporellement stable et parce qu'une fois établie, elle devient un cadre de référence pour l'individu qui en dispose. En résumé, la SA est le résultat d'un processus qui comporte trois niveaux dépendants : la perception des éléments de l'environnement, leur traitement et enfin, la projection de leur état dans un futur proche. Elle est en partie dépendante du modèle mental de l'individu, qui est un "mécanisme par lequel les individus établissent une description de l'aspect général du système, de ses états présents et futurs et des buts pour lesquels il est établi » (Rouse et Morris, 1986, dans Jones et Endsley, 2000 p. 368).

Le modèle mental est une interprétation générale du fonctionnement d'un système ajusté et alimenté par des attentes, des scénarios, des convictions personnelles qui constituent des schémas c'est-à-dire des modalités particulières d'interprétation des convictions et des préjugés formés par les expériences personnelles et la personnalité (Endsley et al., 2003). Cette notion de schéma mérite d'être précisée ; pour Klein (1998), les schémas mentaux peuvent être ajustés par confrontation des représentations avec le réel sans toutefois être directement changés. Endsley (2000), quant à elle, estime que les schémas peuvent être réactualisés à condition que l'individu soit confronté à des informations dissonantes avec les schémas déjà établis. La SA elle-même n'est pas définitivement établie, mais est réactualisée en permanence. Selon Klein (2000), trois raisons principales font que l'étude de la SA est importante : d'abord parce qu'elle est directement liée à la qualité des résultats obtenus : plus les informations traitées sont pertinentes, plus la palette des réponses fournies aura de chance d'être pertinente. Ensuite, la SA est corrélée au degré d'expertise et peut donc être un moyen privilégié d'analyse sur sa formation et son maintien. Enfin, la SA, est dans la plupart des cas, le fondement de la prise de décision. Elle est à ce titre une sous partie du cadre général de la décision en situation (Klein, 1998). Une représentation adaptée de la situation n'est pas une garantie absolue de pouvoir établir des décisions adaptées, mais une mauvaise interprétation de la situation conduit à des actions dont les conséquences sont inadaptées à la situation : ce qui apparaîtrait comme une bonne décision dans le cadre d'une interprétation de la situation peut s'avérer être une mauvaise décision si cette représentation est inadaptée (Endsley, 2000). Le modèle de la SA constitue une avancée importante pour l'établissement d'un modèle d'utilisateur pour un système d'aide à la construction de sens, car il attribue implicitement au décideur un comportement cognitif fortement finalisé par la nécessité de gestion de ses tâches et de ses objectifs. Cependant, il n'y a pas dans la SA de véritable modèle de construction de la compréhension ; celle-ci découle directement de la phase de perception. Ce que Endsley nomme conscience de la situation est ce qu'Ochanine appelle les images cognitives résultant

des traitements logico conceptuels, c'est à dire de représentations objectives précises, distanciées et aussi objectives que possibles. Ce modèle constitue une avancée considérable car il intègre un utilisateur dont le comportement est finalisé par ses objectifs. Cependant, il ne permet pas de définir un modèle d'interlocuteur pour des activités dans lesquelles il faut prendre des décisions compatibles à la fois avec les savoir-faire disponibles et avec un système de travail plus vaste. En effet, il postule que la compréhension se détermine uniquement en fonction des éléments perçus ; plus ces éléments seront objectifs, meilleure sera la compréhension de la situation. Or, ceci est contradictoire avec les résultats des travaux d'Ochanine et plus largement avec ceux portant sur l'acquisition et le maintien de l'expertise (pour une revue, voir Farrington-Darby et Wilson, 2006) qui, au delà de leurs divergences, partagent tous le constat selon lequel l'expertise procède non pas d'une analyse objective et distanciée des éléments perçus de l'environnement, mais de la façon dont les caractéristiques personnelles de l'expert redéfinissent ces éléments pour les rendre compatibles avec leurs objectifs.

CONCLUSION

Comme nous l'avons évoqué en introduction, les raisonnements à visée d'action ou pragmatiques, semblent donc différents des raisonnements à visée épistémique. Pourtant, le contrôle des systèmes instables est encore largement mis en place avec l'hypothèse implicite que les raisonnements des individus en situation d'action sont identiques. Cette doctrine dominante est d'autant mieux ancrée dans les pratiques qu'elle semble constituée par le bon sens le plus élémentaire : l'instabilité des environnements dynamiques devrait être palliée par des modalités de supervision tendant à encadrer les risques liés à l'imprévisibilité de l'activité. A des processus dont la complexité interdit une représentation fidèle et exhaustive de toutes leurs interactions, il faudrait "évidemment" appliquer des modalités susceptibles de limiter les conséquences indésirables de ses interactions par des contrôles robustes et aussi exhaustifs que possibles. Dans la pratique cela se traduit par des systèmes essentiellement tournés vers l'évitement et la mise en évidence des écarts aux normes prescrites et des risques qui leur sont associés. La maîtrise de l'instabilité de l'environnement est donc directement dictée – croit-on – par la maîtrise des erreurs. Dans le domaine industriel, cela se traduit par un encadrement des interactions entre les individus et les activités dynamiques dont ils ont la charge et par la mise en place de Systèmes d'information entièrement dévoués à cette cause. En d'autres termes, un encadrement étroit et exhaustif par le système d'information serait un facteur de stabilisation de l'environnement donc un gage de la maîtrise de celui-ci. La revue de littérature que nous avons établie notamment sur les modalités de contrôle cognitif que nécessitent les environnements instables a donc l'ambition de relativiser cette vision dominante.

Bibliographie.

- AMALBERTI, F., (1996) *La conduite de systèmes à risques*. Presses Universitaires de France.
- AMALBERTI, R. (2001) "La maîtrise des situations dynamiques". *Psychologie Française* vol 46 pages 105 à 117).
- CRANE, P. M. (1992). "Theories of expertise as models for understanding situation awareness". 13th Annual Symposium on Psychology in the Department of Defense.
- DÖRNER D. (1997) *La logique de l'échec* Flammarion (première édition en allemand, 1989).
- ENDSLEY, M.R. (1995) "Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems". *Human Factors*. 37 (1) pages 32 à 64.
- HOC J-M. Et Amalberti, R. (2007). "Cognitive control dynamics for reaching a satisficing performance in complex dynamic situations" *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*. n°1.
- HOC J -M. (1991) "Effets de l'expertise des opérateurs et de la complexité de la situation dans la conduite d'un processus continu à long délai de réponse: le haut fourneau". *Le travail humain*, 54 (1991), 3, pages 225 à 249.
- FARRINGTON-DARBY T. et WILSON J. "The nature of expertise : a review." *Applied ergonomics* n° 37 pages 17 à 36.
- JODELET D. (1987) – "Représentations et idéologies" *dans Perspectives cognitives et conduites sociales* - Tome 1 - Del Val.
- JODELET D. (1991) - *Les représentations sociales* - Paris PUF - Collection sociologies d'aujourd'hui - 2 édition.
- KLEIN G., (1998) *Sources of Power : How people really make decisions*. MIT Press, Cambridge.
- KLEIN G . (2000) *Analysis of situation awareness from critical incident reports*. in: Endsley M.R. , Garland D.J., eds. *Situation awareness analysis and measurement*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum associates, pages 51 à 71.
- MOSCOVICI S. (1973) - *Introduction à la psychologie sociale* - Tome 2 - Larousse Université.
- NEWELL A., SIMON H. A., (1972) *Human problem solving*, Englewood Cliffs, N. J., Erlbaum.
- OCHANINE D. (1971). *L'homme dans les systèmes automatisés*. Seconde édition 1988 Dunod.
- RASMUSSEN J. (1983) : "skills, rules and knowledge : signals, signs and symbols, and other distinctions in human performance models". *IEEE Transactions On Systems, Man And Cybernetics*, pages 257-266, 1983.
- RICHARD J-F. (2007) : *Les activités mentales. De l'interprétation de l'information à l'action*. 4^{ème} édition. Armand Colin. Collection U.
- RUFFIER Jean (1998), "Fonctionnement normal, fonctionnement accidentel, fonctionnement critique : le rôle de l'urgence dans la modification des routines. Les situations industrielles hautement risquées ", *Sciences de la Société* N°44, mai 1998.
- RUFFIER Jean (2001) "Accidents normaux : la gestion du risque inconnu dans les industries dangereuses". 13th Annual Meeting on Sociol-Economics". Society for the Advancemnet of Socio-Economics (SASE) "Knowledge – The Nex Wealth of Nations?" Amsterdam (28/6-1/7 2001). Session Gestion des Connaissances et Efficience Productive.
- VICENTE, K.J. (1990) "Coherence and correspondence-driven work domains : implications for system device". *Behaviour and information technology* volume 9 pages 493-502.